C++ EXCEPTIONS

Thiago R Adams - 2009

http://www.thradams.com/
thiago.adams@gmail.com

Agenda

- Introdução
- Visão geral
- Mecanismo de exceções
- Exception safety
- Comparações com código de retorno
- Adições para C++ ox
- Perguntas

Objetivos

Abordar o problema da propagação de erros com a utilização de exceções sob o ponto de vista prático, fazendo comparações com outros mecanismos de propagação

Visão geral

Por que tratamos erros?

- Erros ocorrem
- Evitar estado ilegal da aplicação
- Evitar fechar a aplicação

Por que propagar erros?

- Nem sempre é possível tratar o erro no ponto aonde ele é detectado e vice versa.

Formas de propagação do erro

- Retornar código de erro
- Sim ou não + "GetLastError"
- Retornar valor inválido
- **Exceções**

Motivação para exceções

- Não modifica assinatura da função
- Propagação automática
- Impossível ignorar o erro

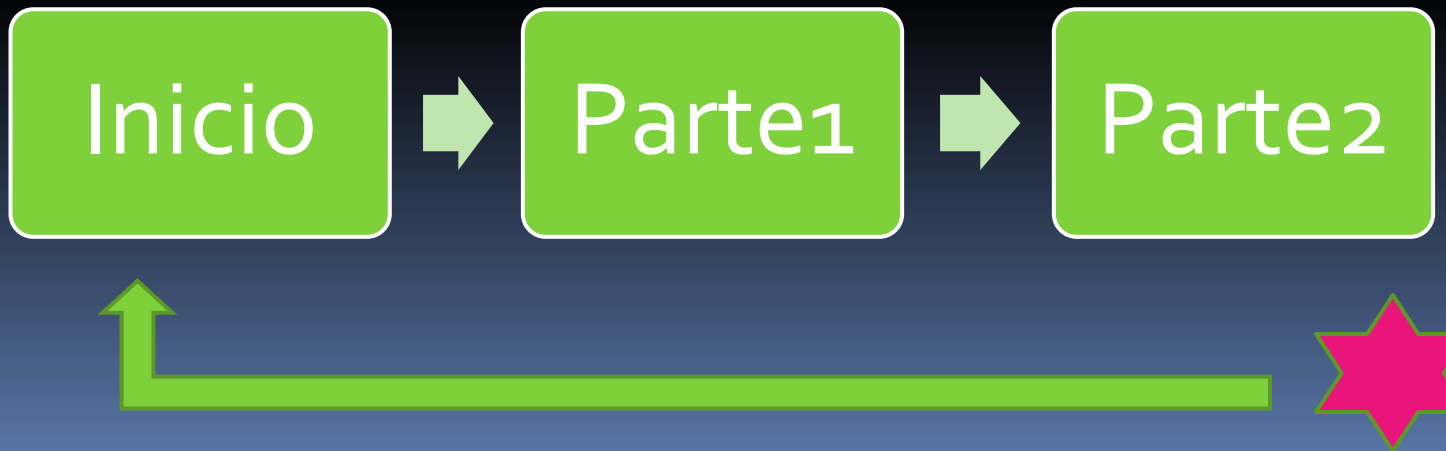
Mecanismo

Mecanismo

```
void Inicio()
    {
      try  {
          Parte1();
      }
      catch(Erro)
      {
         // tratamento
      }
    }
```

```
void Parte1()
  {
   Parte2();
  }
```

```
void Parte2()
   {
   //erro?
   throw Erro();
   }
```



Características

- Mecanismo não local
- Síncrono
- Permite polimorfismo do erro
  ex: class ZeroDiv : public MathError { };
- Não obriga classe base
- Sucesso é implícito

Detalhes do catch

- A ordem do catch importa (ifs)

```
catch(const ZeroDiv&)
{
}
catch(const MathError&)
{
}
```

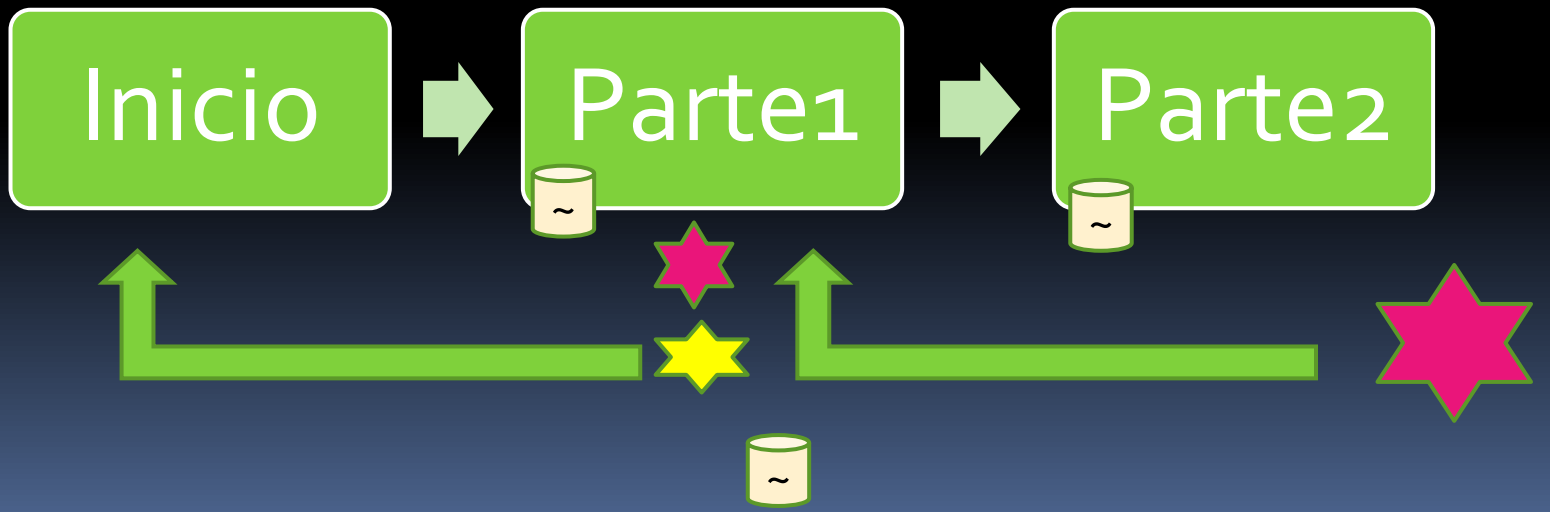
- A maneira como declarar o tipo importa (object slicing)

Esquecimento do catch?

- std::terminate();
- Customização – std::set_terminate

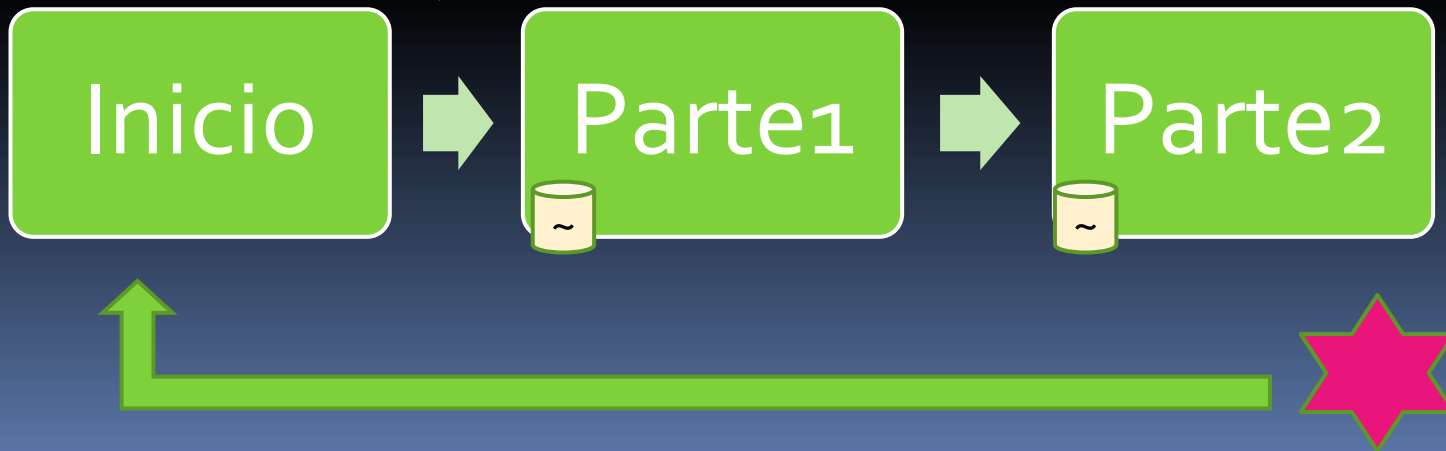
Re-lançar uma exceção

- ***catch(...)*** "catch all"
- ***try*** { } ***catch***(...) { ***throw***; }
- ***try*** { } ***catch***(...) { ***throw*** Outro(); }



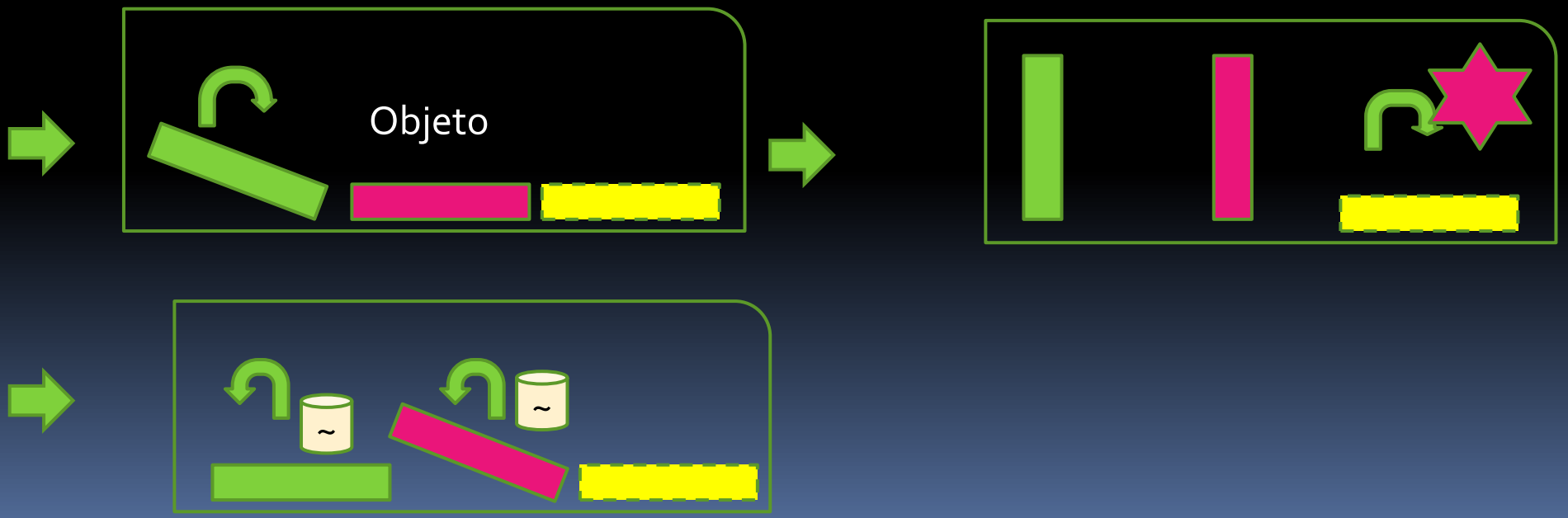
Stack unwinding

- Processo da troca de escopo do ponto do throw até o ponto do catch
- Todos destrutores são chamados
- Requer RAII – (Resource acquisition is initialization)



Exceções em construtores

- Recomendado
- ~Destrutor() Nunca é chamado



Invariante no construtor

```
class X {
  Pointer * p;
  X(const char* s)  {
     p = Create(s);
  }

  void F()  {
      //p is valid !
  }
};
```

```
class X {
  Pointer * p;
  X()  { p = null; }

  ErrorCode Create()  {
      p = Create(s);
      if (p == null)
       return error;
   }

  ErrorCode F()  {
    if (!p) ErrorCode;
  }
};
```

Exceções em destrutores

- O destructor pode ser chamado durante o stack unwiding.

> *Don't interrupt me*
> *while I'm interrupting.*
> *– Winston S. Churchill*

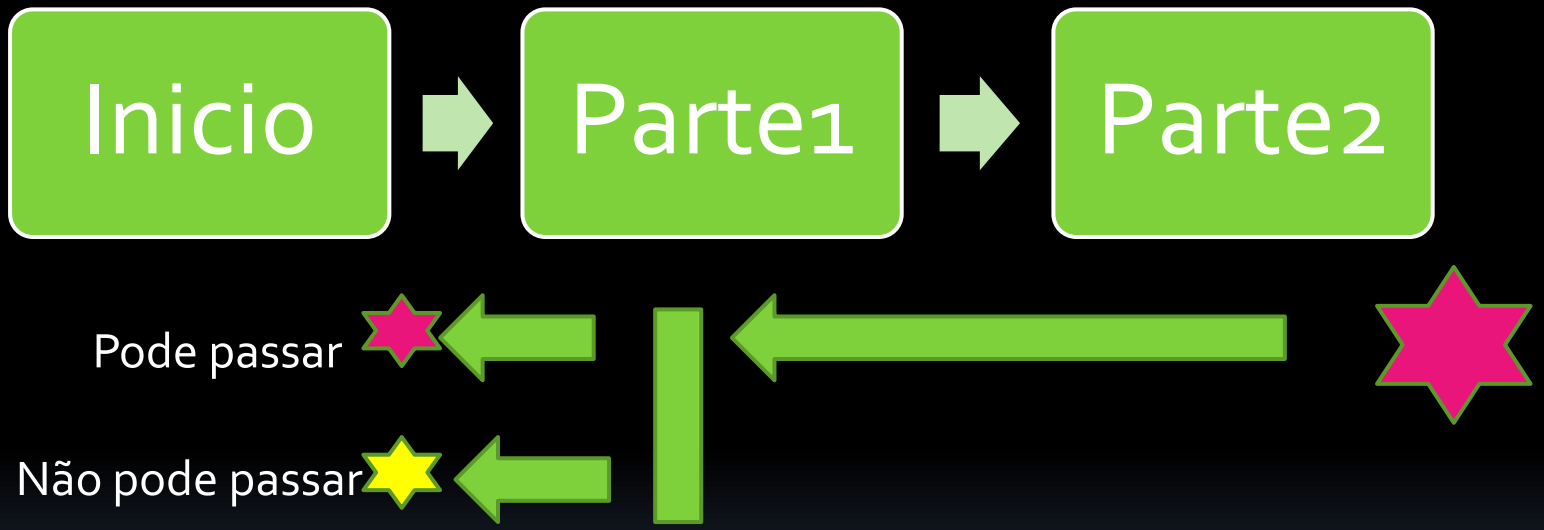
Exceções em destrutores

- STL requer que os tipos não lancem exceções no destrutor.
- O stack unwiding pode ser detectado:

```
~X()
{
  if (!uncaught_exception())
    throw Y;
}
```

- De maneira geral não é recomendado lançar exceções no destrutor.

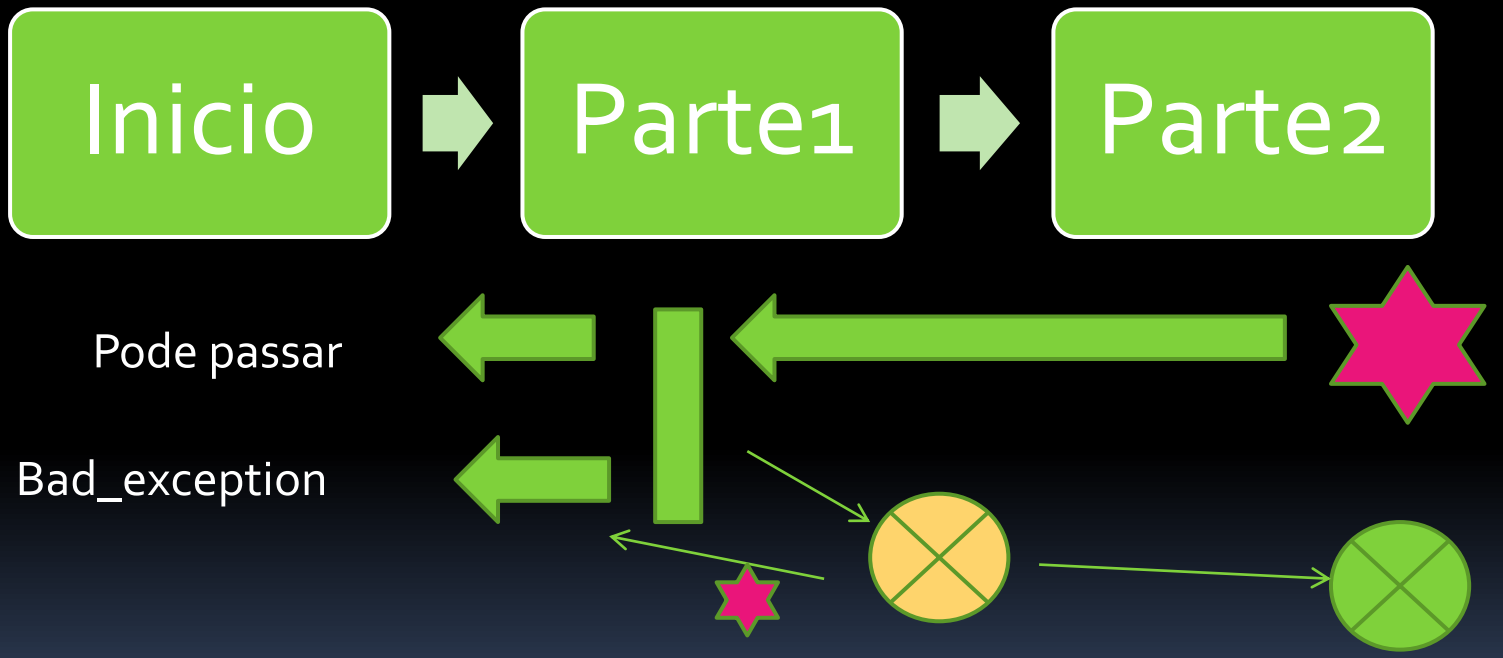
Especificação de exceções



Especificação de exceções

- void f() throw();
  void f2() throw (...);
  void f3() throw (X, Y);
- Visual C++ não suporta
- Somente em runtime
- Faz parte do tipo?
- Templates ?
- Não é recomendado

Especificação de exceções

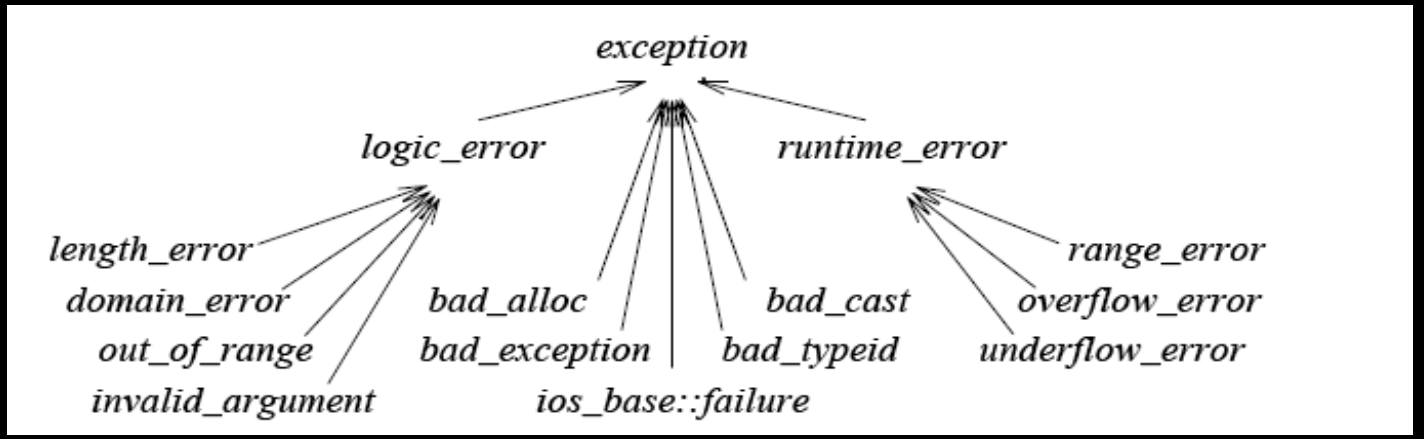


Exceções do C++

Standard Exceptions (thrown by the language)			
Name	Thrown by	Reference	Header
bad_alloc	*new*	§6.2.6.2, §19.4.5	<new>
bad_cast	*dynamic_cast*	§15.4.1.1	<typeinfo>
bad_typeid	*typeid*	§15.4.4	<typeinfo>
bad_exception	*exception specification*	§14.6.3	<exception>

Standard Exceptions (thrown by the standard library)			
Name	Thrown by	Reference	Header
out_of_range	*at()*	§3.7.2, §16.3.3, §20.3.3	<stdexcept>
	bitset<>::operator[]()	§17.5.3	<stdexcept>
invalid_argument	*bitset constructor*	§17.5.3.1	<stdexcept>
overflow_error	*bitset<>::to_ulong()*	§17.5.3.3	<stdexcept>
ios_base::failure	*ios_base::clear()*	§21.3.6	<ios>

Exceções do C++




```
class exception
{
public:
 exception() throw();
 exception(const exception&) throw();
 exception& operator=(const exception&) throw();
 virtual ~exception() throw();
 virtual const char* what() const throw();
};
```

O caso do new

- Falha -> throw bad_alloc
- Difícil de ser contornado
- Libs podem mudar este comportamento

O caso do new nothrow

- Operador new executa duas tarefas.

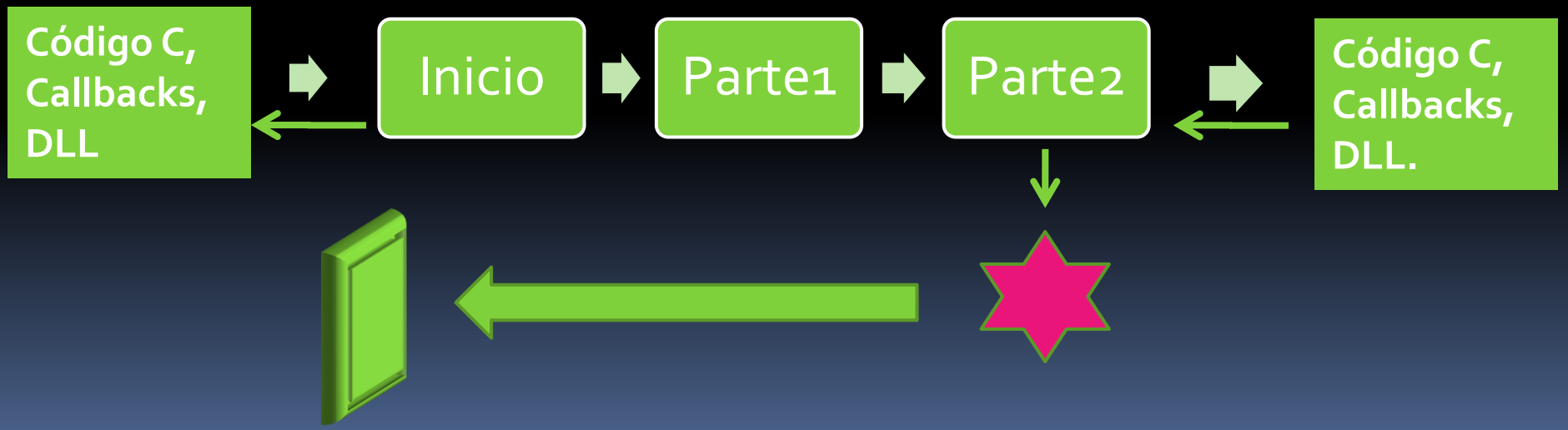
  1 - Alocação da memória do objeto
  2 - Criação do objeto

- Na primeira fase o new nothrow retorna null em caso de falha.

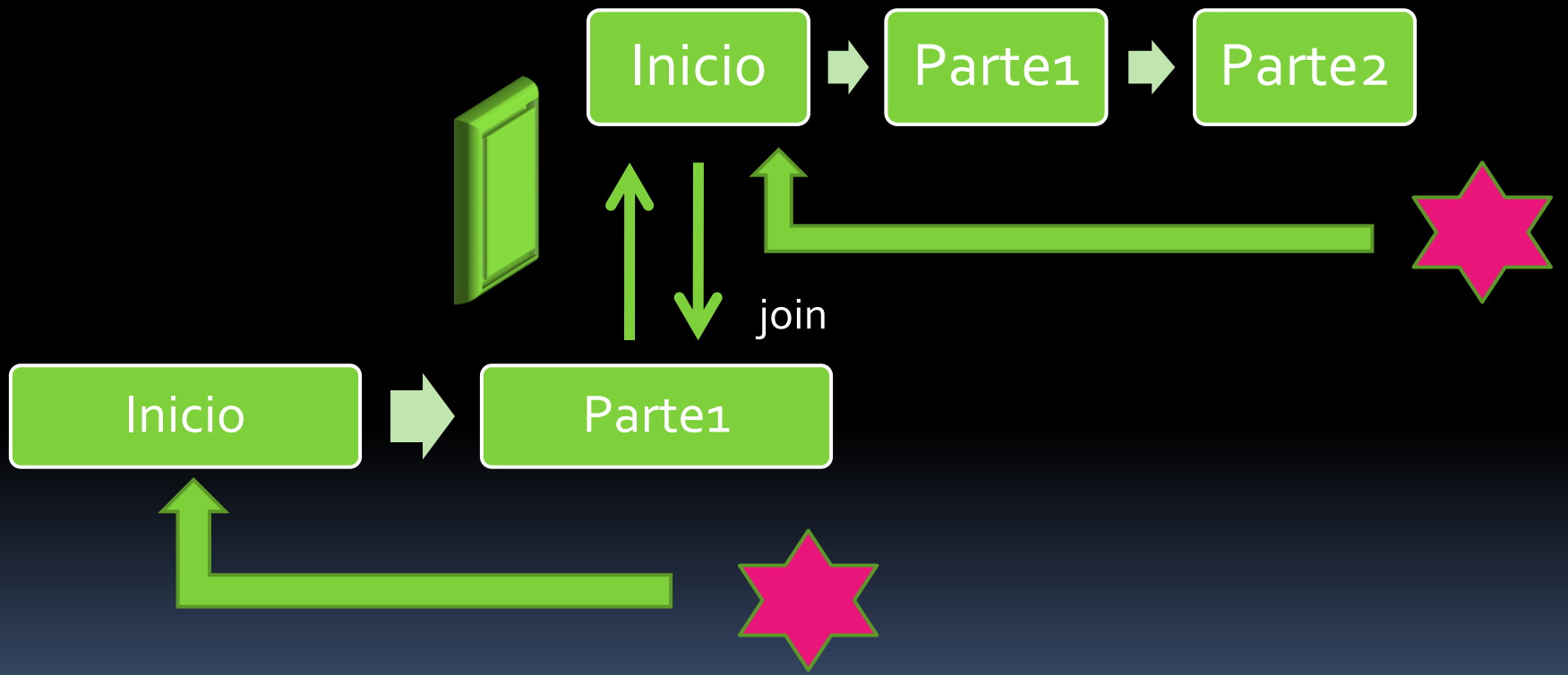
- Na segunda fase exceções escapam e o retorno não é null

Fronteira C – C++

- Exceções não vem de código C
  Exceções não podem ir para código C



Fronteira C++ - thread



O que lançar?

- Tipos que só tem esta finalidade
- Derivados de uma classe base
- Representação de códigos de erro
- Homogeneidade
- Não lançar ponteiros
- Mensagem não é para o usuário
- Classe mais especializada que existir

Quando lançar uma exceção?

- Quando é possível
- Pelos mesmos motivos aonde se propaga erros
- Tarefa não pode ser completada de acordo com a assinatura da função
  T * find(key)
  T* get(key)
  T& get(key)

Quando lançar uma exceção?

- Construtores
- Operadores
- Não lançar exceções em destrutores
- Considerar a performance
- Considerar escopo do uso
- Considerar relação com API nativa
- Considerar criar uma função para lançar exceção

Aonde colocar o catch?

- Aonde é preciso
- Aonde for possível tratar o erro
- Quando a operação tem um significado completo
- Não abuse
- Catch ... Throw ? RAII

Como testar?

- Nada especial
- Verificar caminho do erro
- Forçar o erro
- Unit test

Exception safety

O que é Exception safety?

- Bom comportamento
- Sem memory leaks
- Invariante intacto
- Neutralidade para templates e funções desconhecidas
- Não é privilégio das exceções.
- É um problema local

Classificação das funções na presença de erros

- Garantia básica – *basic guarantee*
- Garantia forte – *strong guarantee*
- Não falha – *no fail*

Garantia básica

- Estado pode estar alterado, mas consistente
- Sem leaks
- Seguro para destruição

Garantia forte

- Estado inalterado
- Estilo - Commit / Rollback

Garantia de não falhar

- Nunca falha
- Exemplos:
  get(), destructor, release, destroy, swap,

Garantias na STL

Container-Operation Guarantees				
	vector	**deque**	**list**	**map**
clear()	nothrow (*copy*)	nothrow (*copy*)	nothrow	nothrow
erase()	nothrow (*copy*)	nothrow (*copy*)	nothrow	nothrow
1-element insert()	strong (*copy*)	strong (*copy*)	strong	strong
N-element insert()	strong (*copy*)	strong (*copy*)	strong	basic
merge()	—	—	nothrow (*comparison*)	—
push_back()	strong	strong	strong	—
push_front()	—	strong	strong	—
pop_back()	nothrow	nothrow	nothrow	—
pop_front()	—	nothrow	nothrow	—
remove()	—	—	nothrow (*comparison*)	—
remove_if()	—	—	nothrow (*predicate*)	—
reverse()	—	—	nothrow	—
splice()	—	—	nothrow	—
swap()	nothrow	nothrow	nothrow	nothrow (*copy-of-comparison*)
unique()	—	—	nothrow (*comparison*)	—

Técnicas para gerar funções exception safety

- RAII
- Estilo commit
- Temporários
- Smart pointers
- Use funções com garantia “no fail”

Exemplo – Montar um vector em uma função com garantia forte.

```
void make(std::vector<int>& v)
{
 std::vector<int> temporario;
 for (int i = 0; i < 100; i++)
 {
 temporario.push_back(NewInteger(i));
 }

 v.swap(temporario);  //não falha
}
```

Exemplo: Fazer transferência de dono

```
void AddNew(vector<T*>& v)
{
  std::auto_ptr<T> sp(new T());
  v.push_back(sp.get());
  sp.release();
}
```

Exemplo – caso do construtor

```
class X
{
 T * m_p1,  m_p2;
 X  {
   auto_ptr<T> sp1(new T);
   auto_ptr<T> sp2(new T);
   m_p1 = sp1.release(); //commit
   m_p2 = sp2.release(); //commit
 }
 ~X()  {
  delete m_p1;
  delete m_p2;
 }
```

```
class X
{
 auto_ptr<T>  m_p1,  m_p2;
 X : m_p1(new T),
     m_p2(new T)
    {
    }
}
```

Estilo commit

- void f()
  {
    temporários
    Parte "nothrow"
    Parte throw(...)
    Parte "nothrow"
    //commit
  }
- Preparado para throw - RAII
- Rollback
- Rollback sempre?

Discussão

- Existe uma melhor ou pior garantia?
- É possível sempre ter a garantia forte?
- Documentação das garantias

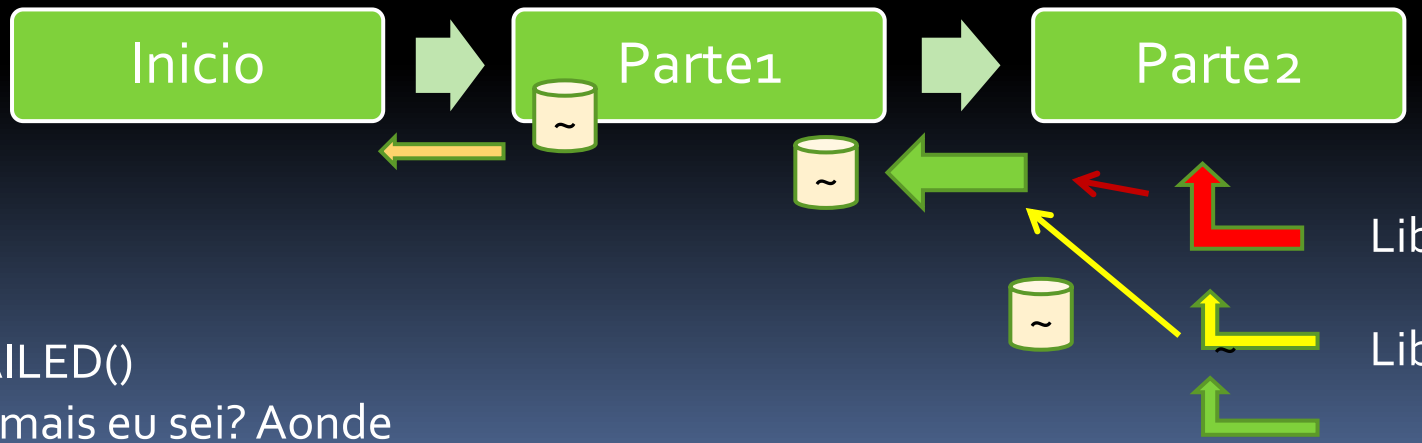
Comparações

Comparação com código de retorno

Exceções

catch (outro)
catch (exception)
esqueci catch não vi o tipo
informação completa

Código retorno



If FAILED()
que mais eu sei? Aonde
pergunto mais sobre o erro?

Esqueci Novo tipo

Comparação com código de retorno

- Nem todos compiladores suportam exceções
- Código de retorno tem o teste imediato – são mais simples quando este é o objetivo
- Uma função auxiliar escrita com código de retorno se integra facilmente nos dois tipos de propagação de erros. A recíproca não é verdadeira

Cuidado ao misturar os dois estilos

- Uma função só deve ter um tipo de propagação de erro
- É melhor ter um função com código de retorno auxiliando a função que lança exceções do que o contrário.
- O método de propagação se propaga
- Só propagar um método de propagação de erros no módulo
- Usa STL ? Então usa propagação por exceções.

Quando usar um ou outro?

- Você pode usar os dois no mesmo projeto. Não na mesma função!
- Prefira exceções quando você tem que quebrar a assinatura da sua função para acomodar o código de erro.
- Integração com C
- Homogenidade

Quando usar um ou outro?

- Construtores , operadores
- Quanto maior seu “call stack” maior o sinal que a propagação por código de retorno é manual e suscetível a erros.

Como manter a clareza ao usar dois métodos de propagação?

- Funções com retorno void não propagam código de erro
- Funções com retorno void e documentadas com throw() não propagam exceções
  ex: void f() throw();

Como manter a clareza ao usar dois métodos de propagação?

- Funções com código de retorno não propagam exceções
  ex: HRESULT Create();
- Todas as outras podem lançar exceções
- Tenha uma política para tratamento de erros e um padrão homogêneo no mínimo por módulos

Novidades para o C++ 0x

Exceptions e C++ 0x

- exception_ptr current_exception();
- void rethrow_exception(exception_ptr p);
  template<class E> exception_ptr
  copy_exception(E e);

Exceptions e C++ 0x

- nested_exception
- template<class T> void throw_with_nested(T&& t); *// [[noreturn]]*
- template <class E> void rethrow_if_nested(const E& e);

Perguntas?

Referências

- The C++ Programming Language - Stroustrup
- Exceptional C++ Style: 40 New Engineering Puzzles, Programming Problems, and Solutions - Sutter
- Working Draft, Standard for Programming Language C++ [N2914=09-0104]
- http://www.boost.org/community/exception_safety.html
- http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms229014(VS.80).aspx